



ТРУДЫ
V МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«МОРСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И ОБРАЗОВАНИЕ:
MARESEDU-2016»
18-21 ОКТЯБРЯ 2016 г.

Микроводоросли в спектре питания культивируемых мидий (Крым, Черное море).
Поспелова Наталья Валериевна, Балычева Дарья Сергеевна,
Рябушко Лариса Ивановна
Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь

Доступность пищи является одним из основных факторов, лимитирующих рост и размножение гидробионтов. Трофически ценной частью взвешенного органического вещества для их питания являются микроводоросли (МВ) планктона. Однако существенную роль занимают и МВ бентоса морей. В Чёрном море также имеются вредоносные виды МВ, образующие «цветение» воды и «красные приливы», в том числе токсичные виды, выделяющие фитотоксины, которые накапливаются в теле моллюсков, а их концентрация в мидии может достигать опасных уровней (так называемый «моллюсковый токсикоз») для человека при употреблении морепродуктов (Рябушко, 2003). Процессы выедания МВ беспозвоночными и рыбами и их избирательность к качеству корма описано в многочисленных литературных источниках. Кроме того, выедание МВ оказывает влияние на снижение численности, биомассы, видового состава и разнообразия водорослевых сообществ (Castenholz, 1961; Medlin, 1980; Рябушко, 1986, 1990, 1993, 2013). Однако эти вопросы ещё недостаточно исследованы у культивируемых моллюсков в условиях природной среды, в том числе у мидии из Чёрного моря. Точное знание спектра питания мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. – объекта культивирования в крымском побережье Чёрного моря – имеет важное значение с точки зрения понимания роста и динамики её поселений, как в условиях фермерского хозяйства, так и в природных популяциях. Целью работы являются одновременные исследования таксономического состава и количественных характеристик МВ планктона и эпизоона раковин мидии, наполняемости желудков, а также анализа фекалий и псевдофекалий в акватории мидийно-устричной фермы близ г. Севастополя (Чёрное море).

Материалы и методы

Исследования проведены с августа 2015 по июль 2016 гг. в районе мидийно-устричной фермы, расположенной на внешнем рейде Севастопольской бухты Чёрного моря. Для изучения видового разнообразия и численности (N) фитопланктона пробы воды объёмом 1,5 л отбирали с горизонта 0–6 м, сгущали методом обратной фильтрации через ядерные мембраны ($D_{пор}=1$ мкм). Обработку проб фитопланктона проводили методом прямого счета МВ в живой и сгущенной капле ($V=0,01$ мл) и в камере ($V=1$ мл). Пробы МВ с поверхности раковин 3-х экз. мидии отбирали с коллекторов фермы на глубине 6 м, а количественный учёт проводили в камере Горяева ($V=0,0009$ мл). Пробы фитопланктона и микрофитобентоса обрабатывали в 3-х повторностях с использованием световых микроскопов «Jenaval» и «Axioskop 40» С. Zeiss при соответствующих увеличениях 10x20, 10x40 и 10x100. Для определения таксономического состава и численности МВ в пищевом комке в лаборатории желудки мидии сразу же вскрывали при помощи скальпеля, отбирая пипеткой их содержимое, а затем анализировали под микроскопом. Для исследования состава МВ фекалий и псевдофекалий мидии, моллюсков высаживали в профильтрованную морскую воду на 2–4 часа.

Результаты и обсуждение

В течение годового цикла исследований в планктоне обнаружено 145 видов МВ, из них диатомовые – 67 видов, динофитовые – 52, гаптофитовые – 15, силикофлагелляты – 5, зеленые – 2, цианобактерии – 4 вида. На поверхности раковин мидии обнаружено 107 видов МВ, принадлежащих диатомовым (90), динофитовым и гаптофитовым (по 6 видов), цианобактериям (4 вида) и 1 вид силикофлагеллят.

В 2015 г. численность фитопланктона в акватории фермы колебалась от 14,2 до 245,6 млн кл.·м⁻³ с максимальными значениями в декабре при доминировании мелкоклеточного вида *Emiliana huxleyi* (табл. 1). В 2016 г. численность фитопланктона, по сравнению с предыдущим годом, была значительно выше и колебалась от 108 млн до 2371,2 млн кл.·м⁻³ с максимумом в мае, когда наблюдалось «цветение» воды, вызванное колониальной диатомовой водорослью *Chaetoceros socialis* (табл.). В эпизооне мидии преобладали бентосные диатомовые, численность которых варьировала от 7,8·10³ (август) до 119·10³ кл.·см⁻² (февраль). Всего в желудках мидии найден 91 вид МВ (в т.ч. 15 токсичных видов), в фекальных пеллетах – 69, псевдофекалиях – 40 видов. Из них в желудках обнаружено бентосных (Б) – 25 видов, бентопланктонных (БП) – 18; в фекалиях – Б – 3 вида, БП – 6, общих видов – 14; в псевдофекалиях отмечено Б – 21, БП – 9 и 21 общий вид с содержимым желудков. Численность МВ в желудках варьировала от 470 до 390·10³ клеток на 1 экземпляр мидии.

Таблица 1. Общая численность ($N_{\text{общ.}}$) фитопланктона и доминирующих видов МВ (N) в районе морской фермы и в желудках коллекторной мидии *M. galloprovincialis*, Чёрное море.

Месяц	Фитопланктон			МВ в желудках мидии		
	$N_{\text{общ.}}$, млн кл.·м ⁻³	Доминант	N , млн кл.·м ⁻³	$N_{\text{общ.}}$, тыс. кл.·м ⁻³	Доминант	N , тыс. кл. / экз. мидии
2015 г.						
Август	14,173	<i>Emiliana huxleyi</i>	6	0,47	<i>Prorocentrum</i>	0,17
Сентябрь	231,71	<i>Proboscia alata</i>	168	10,10	<i>Proboscia alata</i>	4,43
Октябрь	24,73	-«-	17	7,80	-«-	2,73
Ноябрь	16,12	<i>E. huxleyi</i>	24	15,14	<i>Prorocentrum</i>	4,70
Декабрь	245,61	-«-	212	392,75	<i>E. huxleyi</i>	316,00
2016 г.						
Январь	299,48	-«-	376	67,44	-«-	36,82
Февраль	108,27	<i>Skeletonema</i>	63	18,77	-«-	9,80
Март	561,80	<i>Chaetoceros</i>	156	58,83	<i>Scrippsiella</i>	48,38
Апрель	313,12	<i>E. huxleyi</i>	223	6,11	<i>E. huxleyi</i>	3,59
Май	2371,19	<i>Chaetoceros</i>	2000	7,37	<i>S. trochoidea</i>	1,73
Июнь	264,10	<i>Ch. compressus</i>	184	1,05	<i>P. micans</i>	0,53
Июль	382,48	<i>E. huxleyi</i>	115	0,60	<i>E. huxleyi</i>	0,18

Содержимое желудков в основном соответствовало таксономическому составу фитопланктона в районе фермы. Если в планктоне по численности доминировали диатомовые и гаптофитовые, то в пищевом спектре моллюсков – динофлагелляты и гаптофитовые (28 и 12% общего количества видов МВ, соответственно), в т.ч. и бентосные виды. Приоритет по видовому разнообразию принадлежал диатомовым водорослям (57%) как в планктоне, так и в желудках мидии. Соотношение групп МВ в пищевом спектре моллюска менялось по сезонам года. Наибольшее видовое разнообразие в желудках мидии характерно для летнего сезона, минимальное отмечено в апреле и сентябре.

С августа по октябрь 2015 г., когда температура морской воды постепенно снижалась с 25 до 18⁰С, в планктоне встречались крупноклеточные колониальные диатомовые (*Pseudosolenia calcar-avis*, *Pseudo-nitzschia calliantha*) с доминированием *P. alata* в сентябре (табл.). Желудки мидий в августе были практически пустые, а в сентябре–октябре их наполненность значительно возрастала – более 37-45% составляли обломки *P. alata*, *P. calcar-avis* (размер обломков клеток до 80 мкм), высокой (более 30%) была доля динофитовых водорослей рода *Prorocentrum*, численность которых в планктоне не превышала 5%.

С ноября 2015 по февраль 2016 г., при дальнейшем снижении температуры воды до 8⁰С, основной вклад в суммарную численность фитопланктона (62–97%) вносили мелкоклеточные водоросли (размер клеток 6–15 мкм) – диатомовая *S. costatum* и гаптофитовая *E. huxleyi* (табл.), космополиты морей, вызывающие «цветение» воды, что типично для этого периода в Чёрном море. Аналогичная картина отмечена и в желудках мидии, за исключением ноября, когда более 50% их содержимого включали клетки *P. micans*, *P. compressum*, *P. cordatum*, которые встречались круглогодично (их доля составляла 20–69%).

С марта по июль 2016 г. продолжалось развитие *E. huxleyi*, которой в этот период сопутствовали колониальные диатомовые рода *Chaetoceros*, имеющие длинные тонкие щетинки и не входящие в пищевой спектр мидии. В летний период в массе развивались пеннатные диатомовые *P. calliantha* и *Thalassionema nitzschioides*. Последний вид, наряду с представителями рода *Prorocentrum*, вносил весомый вклад в суммарное количество МВ в желудках моллюсков, составляя 5–29% в зимний и летний сезоны. Численность динофитовых в планктоне в районе фермы по выращиванию коллекторной мидии за период исследования не превышала 95 млн кл. · м⁻³ (6,5%), при этом биомасса в летне-осенний сезон достигала 150 мг · м⁻³ (31%) за счет крупноклеточных видов, относящихся к родам *Neoceratium* и *Protoperdinium* (размер клеток 80-400 мкм). В летний период основу численности и биомассы динофитовых составляли мелкоклеточные виды (размером до 50 мкм): *P. cordatum*, *Gymnodinium wulffii*, *G. kowalevskii*, *S. trochoidea*. С марта по май эти виды в значительном количестве встречались в желудках мидии. Что касается токсичных видов, вызывающих моллюсковое отравление у человека, в планктоне фермы в летний период единично встречались динофитовые из рода *Dinophysis* (*D. caudata*, *D. fortii*, *D. acuminata*), *Phalacroma rotundatum*, диатомовые из рода *Pseudo-nitzschia* (*P. delicatissima*, *P. seriata*, *P. pungens*), силикофлагеллята *Dictyocha speculum*, но их количество в желудках мидии было незначительным. Потенциально токсичные и токсичные виды рода *Prorocentrum* отмечены в большом количестве и в желудках, и в фекалиях мидии, при этом их клетки оставались живыми и сохраняли подвижность. Возможно, это связано с избирательностью мидии к качеству пищи, в данном случае, отторжением представителей этого рода и предпочтение виду *E. huxleyi*, которая доминировала в фитопланктоне и желудках мидии (табл.).

Сравнительный анализ данных по пищевому спектру некоторых видов черноморских беспозвоночных и рыб показал, что диатомовые водоросли в их пищевом рационе играют значительную роль. Так, у рыбы зеленушки *Crenilabris tinctoria* L. диатомовые составляли 56,3% их встречаемости и занимали 2-е место после полихет (Калинина, 1963), у веслоногого рачка *Paracalanus parvus* (Claus) – одного из важных пищевых объектов рыб, в пищевом комке из 9 видов фитопланктона указаны виды *Chaetoceros socialis*, *P. cordatum*, *E. huxleyi* и др. (Делало, 1961), обнаруженные нами и в желудках мидии. В составе желудков 10 видов гарпактикоидов указано до 30 видов бентосных диатомовых (Чепурнов, 1987). Аналогичные

данные о значении МВ в питании мидий и устриц были показаны многими авторами (Сеничева, 2007; Loret et al., 2000, Ciocco & Gayoso, 2002, Rouillon et al., 2005).

Что касается механизмов, лежащих в основе увеличения доли динофитовых в желудках мидий, то существуют две гипотезы (Rouillon et al. 2005): мидии предпочитают эту группу МВ диатомовым посредством дифференциального удержания в ктенидиях (первичные органы газообмена моллюсков) при фильтрации воды и/или выбирают во время процесса формирования псевдофекалий; динофитовые гораздо более устойчивы к внеклеточному пищеварению и остаются дольше в кишечнике.

Таким образом, сравнение качественных и количественных данных фитопланктона, эпизоона поверхности раковин мидии, её желудков, фекалий и псевдофекалий показало, что в природных условиях культивирования у мидии имеется селективный отбор отдельных видов МВ – они предпочитают мелкие формы диатомовых и гаптофитовых. Несмотря на большую частоту встречаемости и высокую численность токсичных видов динофитовых рода *Prorocentrum* в желудках и фекалиях, их клетки были в живом и подвижном состоянии, что, вероятно, указывает на отрицательный отклик мидии к этим МВ при переваривании пищи. Для того чтобы выявить видовой состав и оценить количественную составляющую конкретных видов МВ в питании моллюсков-фильтраторов, необходимы исследования не только *in situ*, но и в лабораторных опытах, а также регулярный биомониторинг вредоносных видов, опасных для биоты и человека, в районах марихозийств.

Список литературы

Делало Е.П. Предварительные данные по питанию *Paracalanus parvus* (Claus) в Чёрном море // Тр. Севастопольской биол. ст. АН СССР. – 1961. – 14. – С. 126–134.

Калинина Э.М. Рост и питание черноморских зеленушек родов *Crenilabris* и *Symphodus* // Тр. Севастопольской биол. ст. АН СССР. – 1963. – 16. – С. 323–336.

Рябушко Л.И. Диатомовые водоросли верхней сублиторали северо-западной части Японского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 – гидробиология. – Севастополь, 1986. – 24 с.

Рябушко Л.И. Трофические отношения некоторых видов беспозвоночных животных бентоса Японского моря с диатомовыми водорослями: Тез. докл. V Всесоюз. конф. по промысловым беспозвоночным (Минск–Нарочь, 9–13 окт. 1990). – М., 1990. – С. 22–23.

Рябушко Л.И. Структура сообществ диатомовых водорослей эпифитона *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. из Чёрного моря // Альгология. – 1993. – 3(3). – С. 42–49.

Рябушко Л.И. Потенциально опасные микроводоросли Азово-Черноморского бассейна. – НАНУ, ИнБЮМ НАН Украины, Океанологический центр НАНУ, Операционный Центр Междун. Ин-та океана в Украине. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 288 с.

Рябушко Л.И. Микрофитобентос Чёрного моря. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. – 416 с.

Сеничева М.И. Кормовая база мидий, динамика фитопланктона в районах размещения ферм // Марикультура мидий на Черном море / Ред. В.Н. Иванов. – Севастополь: ЭКОСИ Гидрофизика, 2007. – С. 94–107.

Чепурнов В.А. О роли бентосных диатомовых водорослей в питании Harpacticoida (Copepoda) // Зоол. журн. АН СССР. – 1987 – 66(7). – С. 1005–1012.

Castenholz R.W. The effect of grazing on marine littoral diatom populations // Ecology. 1961. 42(4). – P. 783–794.

Ciocco, N. F. & A. M. Gayoso. Microalgal food of the ribbed mussel *Aulacomya atra* (Molina, 1782) in Golfo Nuevo (Patagonia, Argentina) // Journ. Shellfish Res. – 2002. – 21(2). – P. 497–501.

Loret P., Pastoureaud A., Bacher C. & Delesalle B. Phytoplankton composition and selective feeding of the pearl oyster *Pinctada margaritifera* in the Takapoto Lagoon (Tuamotu Archipelago, French Polynesia): *in situ* study using optical microscopy and HPLC pigment analysis // Mar. Ecol. Prog. Ser. – 2000. – 199. – P. 55–67.

Medlin L.K. Effects of grazers on epiphytic diatom communities: 6-th Diatom Symposium. – 1980. – P. 399–412.

Rouillon G., Guerra Rivas J., Ochoa N. and Navarro E. Phytoplankton composition of the stomach contents of the mussel *Mytilus edulis* L. from two populations: comparison with its food supply // Journ. Shellfish Res. – 2005. – 24 (1). – P. 5–14.